

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-246169

(43)Date of publication of application : 24.09.1996

(51)Int.Cl.

C23F 4/00
H01L 21/3065
H01L 21/31
H05H 1/46

(21)Application number : 07-052250

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 13.03.1995

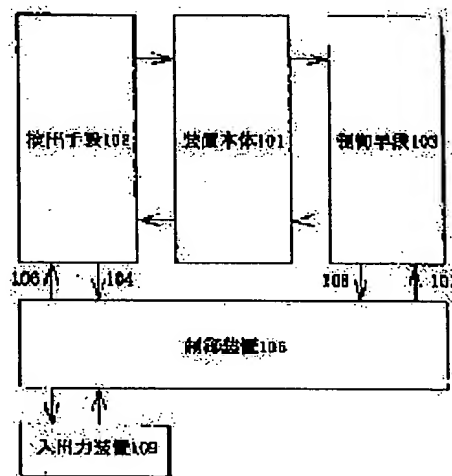
(72)Inventor : TAMURA HITOSHI
KAMIMURA TAKASHI
SASAKI ICHIRO
SASAKI SHINJI

(54) PLASMA-TREATING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To stably obtain high performance of the device over a long period by providing a plasma-treating device with each function of measuring the conditions of the device, detecting the treated state of an object being treated, calculating optimum operating conditions of the device from the measured conditions of the device and the detected state of the object and realizing the optimum operating conditions.

CONSTITUTION: In this device, for example, a detecting means 102 for detecting the conditions of a device main body 101 and the treated state of a substrate being treated and a control means 103 for controlling the conditions of the device main body 101 are connected to the device main body 101. A signal 104 indicating the conditions of the device main body 101 and the treated state of the substrate being treated, both of which are measured by the detecting means 102 is transmitted to another control means 105 and a detecting means control signal 106 is transmitted from the control means 105 to the detecting means 102. Also, a control means control signal 107 is transmitted from the control means 105 to the control means 103 and at the same time, the values being controlled are observed by the control means 103 and the observed values are transmitted from the control means 103 to the control means 105. Further, an input/output device 109 is connected to the control means 105 to transfer information with an operator of the plasma-treating device.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.03.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 17.05.2005

[Kind of final disposal of application other than

, the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-246169

(43) 公開日 平成8年(1996)9月24日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	A
H 0 1 L 21/3065			H 0 1 L 21/31	C
	21/31	9216-2G	H 0 5 H 1/46	B
H 0 5 H 1/46			H 0 1 L 21/302	E

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-52250

(22) 出願日 平成7年(1995)3月13日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 田村 仁

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 上村 隆

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 佐々木 一郎

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

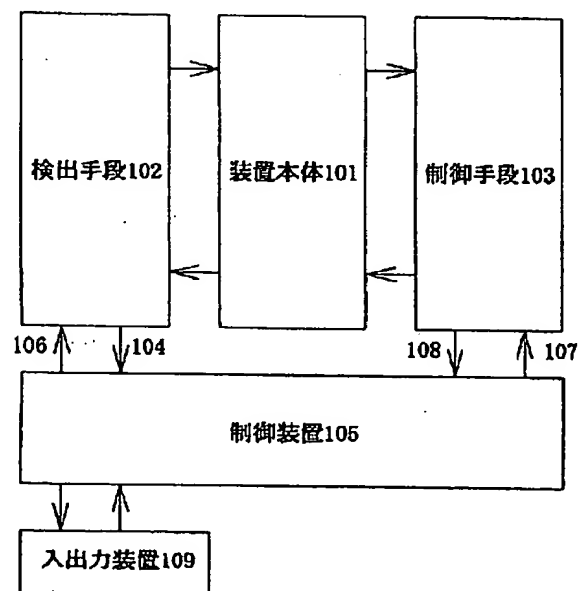
(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【要約】

【構成】 プラズマ処理装置の状態およびプラズマ処理の状態を検知、推定する機構、および前記機構からの情報により最適な運転条件を求める機構により構成される。

【効果】 最適な運転条件を算出することにより長期間に渡り安定に高い性能を維持することができる。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プラズマ処理装置の状態を測定する機能、被処理物の処理状態を検出する機能、装置状態および被処理物の状態から最適な運転状態を算出しこれを実現する機能を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】 請求項 1 において、最適な運転状態を算出する機能が現在の装置状態を求める機能、過去の装置状態を記憶する機能、最適な装置状態を求める機能、最適状態と現在の状態との偏差を演算する機能、最適状態と現在の状態との偏差を極小にする制御信号を求める機能、入出力を行う機能、前記各機能の情報のやり取りを制御する機能からなるプラズマ処理装置。

【請求項 3】 請求項 1 において、最適な運転状態を算出する機能が現在の装置状態を求める機能、過去の装置状態を記憶する機能、測定困難な一部の装置状態を推定する機能、最適な装置状態を求める機能、最適状態と現在の状態との偏差を演算する機能、最適状態と現在の状態との偏差を極小にする制御信号を求める機能、入出力を行う機能、前記各機能の情報のやり取りを制御する機能からなるプラズマ処理装置。

【請求項 4】 請求項 1 において、状態を測定する機能が、プラズマ発生用電力、処理室に流すガスの流量ガス流量、処理室の圧力、からなるプラズマ処理装置。

【請求項 5】 請求項 1 において、状態を測定する機能がプラズマ発生用電力、処理室に流すガスの流量、処理室の圧力、被処理基板の温度、プラズマ発光、処理室壁面の状態、処理室の温度、からなるプラズマ処理装置。

【請求項 6】 請求項 2、3 または 4 において最適な状態が装置の初期状態であるプラズマ処理装置。

【請求項 7】 請求項 2、3 または 4 において、最適な状態が均一なプラズマ分布であるプラズマ処理装置。

【請求項 8】 請求項 2、3 または 4 において、最適な状態が最適なプラズマ処理特性であるプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は高精度なプラズマ処理を長期間に渡り安定に得ることを可能とするプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 プラズマ処理装置に関する従来技術として特開平 4-212414 号公報に記載のものがある。

【0003】 一般にプラズマ処理装置では反応生成物の付着またはイオンのスパッタ作用による処理室壁面の変化など装置の劣化により、高いプラズマ処理特性を長期間にわたり維持することが困難である問題があった。また装置の最適な運転条件を求めるのに多大な労力が必要である問題があった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来技術は装置の最適な運転条件を求めることを目的にデータベースを用

いている。しかしデータベースの作成に労力が必要となること、データベースが巨大なものになること、劣化による装置状態の変動を表現することが困難であること等の問題がある。本発明が解決しようとする課題は巨大なデータベースを用いることなく、劣化による装置状態の変動に対応して最適な運転条件を求めて、高い性能を長期間にわたり安定に得ることである。本発明の他の解決しようとする課題は最適な運転条件を巨大なデータベースを用いることなく容易に得ることである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 プラズマ発光、装置各部の電位、温度、表面状態等プラズマ処理装置の状態を監視する機構、および計測困難なプラズマ処理装置のパラメータを推定する機構、プラズマ処理状態、プラズマ処理結果を測定または推定する機構、および前記三つの機構からの情報によりプラズマ処理装置の運転条件を制御する機構を組み合わせて用い、常に最適な運転条件を求め、この条件で装置を運転することで上記課題は解決できる。

【0006】

【作用】 一般にプラズマ処理装置の処理特性は装置の状態と運転条件により決まる。装置の状態は装置の劣化に伴い変化していくが、これを常時監視し、装置の状態変動に対応し最適な処理を得られるよう運転条件を修正する。装置の運転条件の制御により処理特性を制御する。これにより常に最適な処理を得ることができる。

【0007】 また運転条件の制御機構の働きにより、最適な運転条件を容易に得ることができる。

【0008】

【実施例】 以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

【0009】 (実施例 1) 図 1 から図 3 を用いて本発明の第 1 の実施例を説明する。図 1 に本発明を用いたプラズマ処理装置を示す。プラズマ処理装置本体 101 には装置本体の状態、被処理基板の状態を検出する検出手段 102、装置本体 101 の状態を制御する制御手段 103 が接続されている。検出手段 102 により測定された装置本体 101 および被処理基板の状態を示す信号 104 は制御装置 105 に送られる。制御装置 105 からは検出手段制御信号 106 が検出手段 102 に送られる。また制御装置 105 は制御手段 103 に制御手段制御信号 107 を送る。制御手段 103 は制御値を同時に観測し観測値 108 を制御装置 105 に送る。制御装置 105 には入出力装置 109 が接続され、プラズマ処理装置の操作者と情報をやりとりする。

【0010】 図 2 に制御装置 105 の内部構造を示す。制御装置 105 は制御手段 103 および検出手段 102 からの信号等制御装置 105 に関係する信号を記憶する記憶機能 202、測定困難な一部の装置状態を推定する状態推定機能 203、最適な装置状態を求める最適状態

演算機能204、最適状態と現在の状態との偏差を演算する偏差演算機能205、最適状態と現在の状態との偏差を極小にする制御信号を求める制御信号演算機能206、入出力装置109や他の接続機器との入出力を行う入出力機能207、前記各機能の情報のやり取りを制御する情報制御機能208からなる。

【0011】最適条件について以下に説明する。装置の最適条件として以下のいずれかまたは以下のそれぞれの組み合わせを用いることができる。

【0012】装置の運転を開始するに当たり、プラズマ処理特性と運転条件の関係を求めることが多い。最適なプラズマ処理特性を得られる運転条件を求め、この時の装置状態を初期状態とする。装置状態の検出項目は後述する装置状態の検出機構を用いて検出する。装置の初期状態を記憶し、これを装置の最適条件とする。装置を使用すると部品等の劣化により装置の状態は徐々に変化するが、運転条件を修正することにより、初期状態に近い状態を維持しながら運転を継続することができる。これにより装置性能の劣化を最低限に抑えることができる。

【0013】プラズマ処理の均一性はプラズマ分布均一性の影響を強く受ける。プラズマ分布を均一化するように運転条件を制御して、均一なプラズマ処理を得ることができる。プラズマ発光強度分布、電子密度分布、電子温度分布、イオン密度分布、イオン温度分布、ラジカル密度分布等でプラズマ分布を代表することができる。

【0014】プラズマ処理特性を検出し、これを最適化するように運転条件を制御して最適なプラズマ処理を得ることができる。

【0015】装置状態の検出機構について説明する。装置の状態は以下の各機構のいずれかまたはすべてを組み合わせることで検出することができる。

【0016】一般にプラズマ処理装置の処理特性はプラズマ中の物質の種類、状態によって変化する。これらプラズマの性質を測定する機構として以下のような物がある。すなわち、プラズマ発光を測定する機構、プラズマ中の物質を励起する電磁波を投入し、励起光を測定する機構、プラズマに外部から電磁波を投入し、透過率、反射率等を求める機構、プラズマ中に電極または探針を設け、これの電圧電流特性を求める機構、また、プラズマ処理装置の処理特性は装置各部の温度の影響を受ける。装置各部に温度検出器を設ける。温度検出場所としては、被処理基板、処理室壁面、等がある。

【0017】また、プラズマ処理装置の処理特性は処理室のガス組成の影響も受ける。処理室にガス組成の検出器を設ける。

【0018】また、直接プラズマ処理状態を検出することもできる。例えば成膜装置、エッチング装置では被処理膜の膜厚を測定する機構を処理室に設けることで成膜処理、エッチング処理の状態を検出することができる。膜厚を測定する機構として例えば、エリプソメトリとし

て知られる、膜に外部から光を照射して反射光の光量変化、位相変化を検出する機構を用いることができる。また水晶振動子上に形成した膜厚の変化を発振周波数の変化として検出する方法などがある。

【0019】また、プラズマ処理装置の処理特性は処理室壁面の状態の影響も受ける。例えば、壁面にプラズマ中の反応生成物が壁面に堆積し、プラズマ処理に影響を与えることがある。また、別の例としてプラズマ中のイオンによるスパッタ作用により、壁面を構成する材質が処理室の気相中に現れ、プラズマ処理に影響を与えることがある。壁面に光を照射し、透過率、または反射率を測定する機構を壁面状態の監視機構として用いる。

【0020】また、プラズマ処理装置の処理特性は処理室各部の電位の影響も受ける。例えば、エッチング処理の場合、被処理基板の直流電位はエッチング速度、エッチング形状を大きく左右する。処理室内各部の電位を監視する機構を設ける。

【0021】制御の方法について説明する。制御の方法として以下のいずれかを用いることができる。

【0022】装置の特性を測定等によりモデル化し、これにより制御を行なうことができる。

【0023】制御に関するルールを記述し、これに基づき制御を行なういわゆるファジィ制御を用いることができる。

【0024】装置の運転条件について説明する。装置というシステムに対する入力としての代表的な運転条件として、プラズマ発生電力、処理室圧力、処理ガスの流量、基板バイアス電圧等がある。そのほかプラズマを制御するための静磁界分布、プラズマ中の化学反応を制御するための紫外線等の光、電子ビーム、イオンビーム、被処理基板の温度等がある。

【0025】図3にマイクロ波を用いたエッチング装置に本発明を適用した例を示す。プラズマ発生用電力としてマイクロ波を導入口301から空洞共振器304に導入する。空洞共振器304内にはスロットアンテナ303があり、石英窓307を通して処理室306内にマイクロ波電力を放射する。処理室306には観察窓302があり処理室306の内部を観察することができる。被処理基板305には高周波電源308が接続されており、バイアス電圧を加えることができる。処理室306は図示しない真空排気系とガス供給系により所定の圧力に保持されている。観察窓302には分光器309が接続されており、プラズマ発光を観測することができる。被処理基板305の温度、電位を温度計310、電圧計311により測定している。

【0026】初期の装置状態を記憶しておき、装置の運転条件を調節して初期の装置状態を維持する。初期の装置状態としてプラズマ発光スペクトル、基板温度、基板電位を取る。事前に様々な運転条件に対し、エッチング特性を確認し、これにより最適な運転条件を求める。運

転条件として本エッチング装置では圧力、マイクロ波電力、ガス流量、高周波バイアス電力、基板電極温度がある。最適な運転条件のときのプラズマ発光スペクトルを取得し、これを目標値として記憶しておく。同時に最適な運転条件のもとで運転条件の変化に対する装置状態の

変化率を求め、これも記憶する。装置状態の目標値、変化率、現在の装置状態をもとに運転条件の調整量、新たな運転条件を例えば以下のように求めることができる。

【0027】

\vec{O} : 目標値ベクトル \vec{N} : 現在の装置状態ベクトル
 $\frac{\partial \vec{\lambda}}{\partial p}$: 装置状態の圧力依存性ベクトル
 $\frac{\partial \vec{\lambda}}{\partial f}$: 装置状態のガス流量依存性ベクトル
 $\frac{\partial \vec{\lambda}}{\partial m}$: 装置状態のマイクロ波電力依存性ベクトル
 $\frac{\partial \vec{\lambda}}{\partial r}$: 装置状態の高周波バイアス電力依存性
 Δp : 圧力の調整量 Δf : ガス流量調整量
 Δm : マイクロ波電力調整量
 Δr : 高周波バイアス電力の調整量

【数1】

$$\vec{O} - \vec{N} = \Delta p \frac{\partial \vec{\lambda}}{\partial p} + \Delta f \frac{\partial \vec{\lambda}}{\partial f} + \Delta m \frac{\partial \vec{\lambda}}{\partial m} + \Delta r \frac{\partial \vec{\lambda}}{\partial r} \quad \dots (数1)$$

【0028】

【数2】

$$\left\| \Delta p \frac{\partial \vec{\lambda}}{\partial p} + \Delta f \frac{\partial \vec{\lambda}}{\partial f} + \Delta m \frac{\partial \vec{\lambda}}{\partial m} + \Delta r \frac{\partial \vec{\lambda}}{\partial r} \right\| \approx 0 \quad \dots (数2)$$

【0029】数1の2乗ノルムを取り、数2を満足する運転条件の調整量を求める。

【0030】

現在の運転条件ベクトル: \vec{M} 、
 得られた運転条件の調整量ベクトル: $\Delta \vec{M}$ 、
 新しい運転条件ベクトル: \vec{M}'

とすると

【0031】

【数3】

$$\vec{M}' = \vec{M} + k \cdot \Delta \vec{M} \quad \dots (数3)$$

【0032】と運転条件を更新する。kは通常0から1の範囲で決めるが、1以上の値を取ってもよい。またノルムは2乗ノルム以外でもよい。例えば装置状態の重要性に応じた重み付けを行なってもよい。

【0033】また装置状態としてプラズマ発光スペクトル、基板温度、基板電位を用いたが、装置状態ベクトルに各部の温度、装置壁面の透過率、反射率等の壁面状態、プラズマ中の電子、ラジカル、イオン等の密度または均一性、エッチング速度、エッチングの均一性、下地層とのエッチング速度比、被処理基板のバイアス電位等を測定する機構を付加し、観測値を要素として加えてもよい。同様の手順で運転条件の調整量を求めることができる。

【0034】（実施例2）図4を用いて本発明の第2の実施例を説明する。図4に本発明をマイクロ波を用いたエッチング装置に適用した例を示す。第1の実施例と第2の実施例の違いは以下の通りである。第2の実施例では被処理基板およびプラズマ分布観察用光学系401、

処理室内雰囲気ガスの観察手段402を新たに設けたこと、および装置状態、最適状態の定義が異なること、プラズマ特性測定用電極403を設けたことである。装置の最適状態を以下のように定義する。

【0035】（a）プラズマが均一

（b）電子密度が設定値

（c）電子温度が設定値

（d）処理室内ガス組成が設定値

プラズマ分布観察用光学系401からプラズマ発光を観察し、その分布からプラズマの均一性を算出することができる。電子密度、電子温度は処理室内に設置した電極の電圧電流特性から求めることができる。プラズマ特性測定電極には鋸歯状に変化する電圧が印加され、これに応じてプラズマから流れる電流を測定する。こうして求めた電圧電流特性からプラズマの電子温度、電子密度を求めることができる。

【0036】電子温度、電子密度、処理室内ガス組成の設定値は運転条件を決定する際に最適なエッチング条件が得られるときの電子密度、電子温度、処理室内ガス組成を記憶しておき、これを用いる。

【0037】電子温度、電子密度はその他の方法を用いて測定しても良い。例えばプラズマにマイクロ波を照射し、透過したマイクロ波の位相変化からマイクロ波透過経路の平均のプラズマ密度を求めることができる。また、プラズマ発光のスペクトル線の広がりから電子温度を求めることができる。

【0038】処理室内のガス観察手段として質量分析計を用いることができる。処理室から雰囲気ガスを差動排

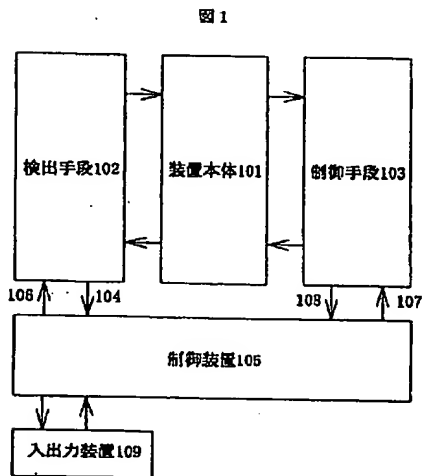
気系によりサンプリングし、反応生成物、処理ガスの分解の様子等をモニタできる。

【0039】（実施例3）図5を用いて本発明の第3の実施例を説明する。本実施例は第2の実施例にエッチング処理の制御手段として紫外線の照射機構501を追加したものである。特定波長の紫外線を被処理基板に照射することにより基板上でのエッチング反応を制御することができる。反応速度は処理室内の雰囲気ガス中の反応生成物の量から導くことができる。最適条件として実施例1に示した装置の初期状態を用いても良いし、実施例2で示した最適状態を用いても良い。

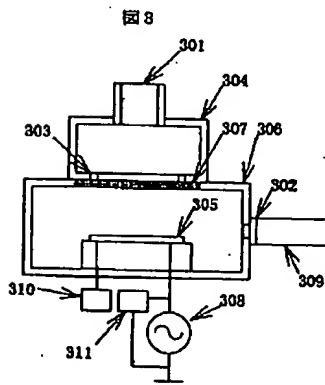
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を用いたプラズマ処理装置のブロック図。

【図1】



【図3】



【図2】本発明の制御装置のブロック図。

【図3】本発明を用いたエッチング装置のブロック図。

【図4】本発明を用いたエッチング装置のブロック図。

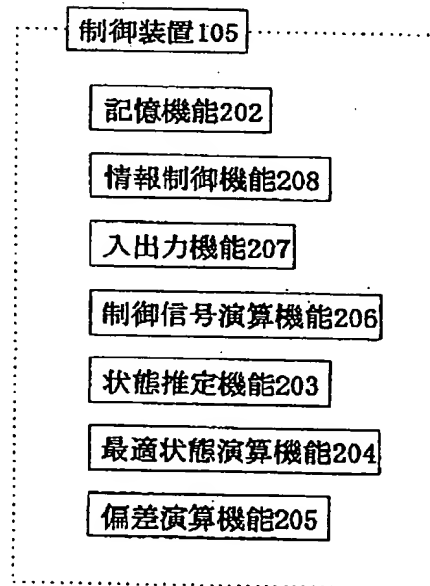
【図5】本発明を用いたエッチング装置のブロック図。

【符号の説明】

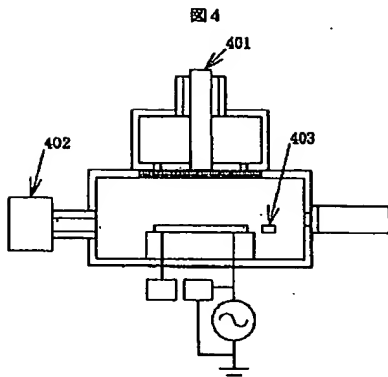
- 101…装置本体、
- 102…検出手段、
- 103…制御手段、
- 104…被処理基板の状態を示す信号、
- 105…制御装置、
- 106…検出手段制御信号、
- 107…制御手段制御信号、
- 108…観測値、
- 109…入出力装置。

【図2】

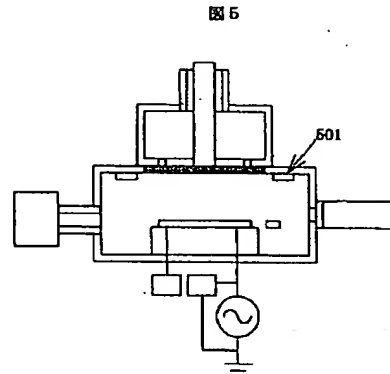
図2



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72) 発明者 佐々木 新治
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内